

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-282486

(43) 公開日 平成9年(1997)10月31日

(51) IntCl⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 6 T 15/40

17/10

G 0 6 F 17/50

G 0 6 F 15/72

15/60

4 2 0

6 2 2 B

6 2 4 F

6 2 6 C

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願平8-90740

(22) 出願日

平成8年(1996)4月12日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 古田 好史

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

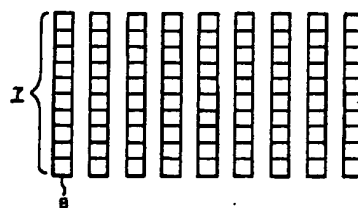
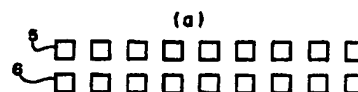
(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54) 【発明の名称】 画像処理装置

(57) 【要約】

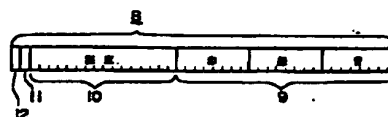
【課題】 論理演算機能のハードウェア化を容易とし、画像処理の高速化を図る。また、より多種類の立体を表現する。

【解決手段】 複数の立体要素を組み合わせて新たな立体をつくる画像処理装置であって、各立体要素に関して画素値データ、深さデータ、空/実データおよび作業データを組として記憶可能な立体データメモリを備える。入力手段が各データを上記メモリに書き込み、配列手段が各データ組を深さデータの順に配列する。演算手段が空/実データおよび作業データに対して立体要素の組み合わせに対応する空/実演算を行い、データ更新手段が空/実演算結果を各データ組の空/実データとして書き換える。深さデータ、画素データおよび書換後の空/実データにより生成された立体が表現され、これらのデータを用いてZバッファ処理が行われる。



5 フレームバッファ 7 記憶手段
6 Zバッファ 8 演算手段

(b) 記憶手段



9 色覚記憶手段 11 記憶手段
10 深さ記憶手段 12 作業記憶手段

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の立体要素を組み合わせて新たな立体をつくる画像処理装置であって、

各立体要素に関して少なくとも画素値データ、深さデータ、空/実データおよび作業データを組として記憶可能な立体データメモリと、

所望の立体要素に関する各データを順次前記立体データメモリに書き込む入力手段と、

前記立体データメモリに書き込まれた各データ組を深さデータのデータ順に配列する配列手段と、

前記空/実データおよび前記作業データに対して、立体要素の所望の組合わせに対応した空/実演算を行う演算手段と、

前記空/実演算結果を各データ組の空/実データとして書き換えるデータ更新手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】 さらに、画面上の画素値データを記憶する画素メモリと、

この画素メモリに記憶された画素値データに対応する立体の深さデータを記憶する深度メモリと、

を備え、

前記立体データメモリの深さデータ、画素値データおよび前記データ更新手段による書換後の空/実データに基づいて、前記深度メモリおよび前記画素メモリを書き換えることを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】 前記立体データメモリには、視点が各立体要素の内部または外部にあること示す視点情報を書き込み可能であり、

該視点情報に基づいて視点が各立体要素の内部または外部にあるときの前記空/実演算を行うことを特徴とする請求項1、2のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項4】 前記立体データメモリに記憶される各データ組から、前記空/実演算対象以外のデータ組を検出して前記立体データメモリ内で待避させるデータ待避手段を備え、

前記演算手段は、前記データ待避手段により待避されていないデータ組を前記空/実演算対象のデータ組として前記空/実演算を行うことを特徴とする請求項1〜3のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項5】 前記データ更新手段により空/実演算結果にて前記各データ組の空/実データが書き換えられた状態で、空/実データの内容が同一であり連続配置されたデータ組を冗長データとして検出し、この冗長データを一つのデータ組にまとめる冗長データ処理手段を備えたことを特徴とする請求項1〜4のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項6】 3次元空間内の所定光源位置に光源を設定する光源設定手段と、

画面上への前記光源位置の投影と該画面上の着目画素の間に介在する介在画素を抽出する介在画素抽出手段と、

前記立体データメモリに記憶された前記深さデータを基に、前記着目画素および前記介在画素に対応する視線上の立体と前記光源位置の位置関係を求め、前記着目画素に対応する視線上の立体が影になっていることを検出する影画素検出手段と、

を備えたことを特徴とする請求項1〜5のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項7】 前記立体データメモリは、さらに、各立体要素の物質の種類情報を記憶可能であることを特徴とする請求項1〜6のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項8】 前記立体データメモリは、さらに、各立体要素に関する透明度情報を記憶可能であり、前記所望の組み合わせにて生成された立体の画素値を前記透明度情報に基づいて調整することを特徴とする請求項1〜7のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項9】 さらに、計算機から入力された多角形の代表データを基に、該多角形内の各点に対応して、前記立体データメモリに書き込むデータ組を作成する多角形内部データ生成手段を備え、

前記入力手段が、この多角形内部データ生成手段にて生成されたデータ組を前記立体データメモリに書き込むことを特徴とする請求項1〜8のいずれかに記載の画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は画像処理装置、特に複数の立体要素を組み合わせて新たな立体をつくる画像処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

「従来技術1」 3次元情報として記憶された物体（立体）をディスプレイ等の2次元投影面上に投影して描く際に、「遠くにある物体は、近くの重なって見える位置にある物体に遮られて見えない」という処理（陰面処理）をしなければならない。この陰面処理のアルゴリズムの一つに、以下に説明するZバッファ法がある。

【0003】 Zバッファ法では、画像データとして投影面に表示されている画素値（輝度、色等、以下同じ）を格納するフレームバッファとは別に、各画素に対応する物体表面のZ座標値（奥行き情報、すなわち視線方向の深さ）を格納するデプスバッファが設けられる。そして、新しく入力された物体表面のZ座標値がデプスバッファに格納されているZ座標値と比較される。比較の結果、新しく入力された物体の方が前面にある場合は、フレームバッファのデータ及びデプスバッファのデータを新しく入力された物体に係るデータに更新する。このようにして、常に前面にある物体のみが表示される。

【0004】 上記のように、Zバッファ法のデータ処理は単純であるので、このデータ処理機能はハードウェア装置にて容易に構成することができる。そこで、従来、

Zバッファ法による陰面処理を行う専用画像処理装置が実用化され、グラフィックワークステーション（以下GWS）等に設けられている。この専用画像処理装置には、中央演算処理装置から立体の情報が入力される。そして、上記のZバッファ法により投影面の画素値が決定されてディスプレイ等の表示装置に出力される。このような専用処理装置を設けることにより中央演算処理装置の負担が軽減する。またハードウェア構成とすることによりZバッファ法のデータ処理が高速に行われる。従って、描画速度を向上することができる。

【0005】「従来技術2」画面に描かれる画像は複数の物体から構成され、各々の物体は複数の基本図形を組み合わせて結合したものであると考えることができる。このような考えに基づき、複数の基本図形を組み合わせて物体を表現することが行われている。この基本図形を組み合わせた技術としては、和、積、差の論理演算を行うことが知られている。

【0006】従来、GWS等の画像処理システムでは、一般に、上記の基本図形の論理演算は、画像処理システムの中央演算処理装置にて行われる。すなわち、中央演算処理装置に組み込まれたソフトウェア上に、基本図形を論理演算する機能が設けられている。組み合わせにて生成された物体の情報は、例えば従来技術1に示した画像処理装置に送られる。

【0007】「従来技術3」特開昭63-10287号公報には、従来技術1のデプスバッファを複数にして、複数の基本図形を組み合わせた論理演算と、Zバッファ処理の両機能を備える画像処理装置が開示されている。同公報の装置では、二つの距離パラメータと輝度をセットにしたデプスバッファが一つの画素に対して複数設けられていて、各デプスバッファには一つの基本図形が格納される。この際、基本図形上の近い側と遠い側の点が、上記二つの距離パラメータとして格納される。そして、デプスバッファに格納された複数の基本図形が論理演算により組み合わせられ、演算により生成された物体がさらに他のデプスバッファに格納される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】画像処理システムの処理速度を高速化するため、中央演算処理装置のソフトウェアに組み込まれている処理機能の一部を備えたハードウェアを別体に設け、この別体のハードウェアに中央演算処理装置の一部機能を負担させることが考えられている。その一つが前述の従来技術1であり、Zバッファ処理をハードウェア構成の専用画像処理装置にて行うように構成されている。ここで、データ処理機能をハードウェア化する場合には、対象とするデータ処理が単純であり、データ処理量が少ないことが求められる。ハードウェア構成では、ソフトウェアの場合の如く複雑なデータ処理を行うように構成することが困難だからである。

【0009】本発明の目的は、中央演算処理装置のソフト

ウェアにて行われているデータ処理として、従来技術2に説明した如く複数の基本図形を組み合わせて物体を作る処理を行うことが可能であって、ハードウェアにて容易に構成できる画像処理装置を提供することにある。そのために、本発明では、上記複数の基本図形を組み合わせるデータ処理を単純かつ少量のデータ処理にて行う画像処理装置を提供する。そしてこのような装置の提供により、画像処理速度を高速化することを目的とする。

【0010】さらに本発明の目的は、上記複数の基本図形を組み合わせて物体を作るデータ処理と、作った物体を用いてのZバッファ処理を併せて行うことが可能であり、両機能を一体化することによりさらに処理速度を高速化できる画像処理装置を提供することにある。

【0011】さらに本発明は、下記のような各種機能を備え、より多機能化した画像処理装置を提供することを目的とする。；

(1) 視点が処理対象の立体の内部／外部のどちらにあるときにも論理演算を行うことができる画像処理装置

(2) 括弧付きの論理演算式をそのまま容易に実行することができる画像処理装置

(3) 演算途中に発生する冗長データを除去することにより、さらに画像処理速度を向上することが可能な画像処理装置

(4) 3次元空間内に設定した光源との位置関係を基に、着目する物体が他の物体の影になっているか否かを判断することが可能な画像処理装置

(5) 入力された物体の物質の種類を区別することが可能であり、例えば、流体解析などのシミュレーションの入力データ提供といったニーズに対応可能な画像処理装置

(6) 透明、半透明の物体を表現することが可能な画像処理装置

(7) 多角形の代表データを基に多角形内各部の情報を発生させる回路を内蔵することにより、多角形の描画を高速化することが可能な画像処理装置。

【0012】「従来技術3と本発明の関係」なお、従来技術3では、前述の如く、複数の立体の論理演算とZバッファ処理機能を備えた画像処理装置が開示されているが、同装置の特徴はデプスバッファを複数化したことにとどまる。しかし、このような装置をハードウェアにて構成するためには、データ処理内容を極力単純化し、かつデータ処理量を最小限とするように構成することが要求される。本発明は、このような要求に応え、ハードウェアにて容易に構成することができる画像処理装置を提供するものである。

【0013】さらに従来技術3では、各デプスバッファに二つの距離パラメータ用メモリのみが設けられている。従って、視線上において演算結果が2つ以上の領域に分かれるような状況（例えば中空円筒形状）には対応することができない。このように従来技術3では、表現

可能な形状が制限されている。本発明は、上記のような演算結果が2つ以上の領域に分かれる場合も表現可能であり、より多種類の形状を表現可能な画像処理装置を提供するものである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、複数の立体要素を組み合わせる新たな立体をつくる画像処理装置であって、各立体要素に関して少なくとも画素値データ、深さデータ、空/実データおよび作業データを組として記憶可能な立体データメモリと、所望の立体要素に関する各データを順次前記立体データメモリに書き込む入力手段と、前記立体データメモリに書き込まれた各データ組を深さデータのデータ順に配列する配列手段と、前記空/実データおよび前記作業データに対して、立体要素の所望の組み合わせに対応した空/実演算を行う演算手段と、前記空/実演算結果を各データ組の空/実データとして書き換えるデータ更新手段とを備える。

【0015】ここで、「立体要素」は、従来技術に説明した基本図形に相当し、「立体」は従来技術において複数の基本図形を組み合わせた物体に相当する。また「画素値データ」とは、画面上の各画素に表示する情報を表す値をいい、例えば輝度や色などである。また「深さデータ」とは、視線における立体要素の深さをいう。また「空/実データ」とは、視線における立体の空/実状態を表すデータである。また「空/実演算」とは、立体要素を組み合わせる立体における空/実データを得るための演算であり、例えば和、積または差の論理演算である。また「作業データ」とは、空/実演算を行うために書き込まれるデータであり、「空/実データ」の他に「作業データ」を書き込むことにより、各立体要素に組み合わせ相手の立体要素の空/実データが与えられる。

【0016】上記構成によれば、立体要素に関する各データが立体データメモリに書き込まれるとともに、各データ組が深さデータのデータ順に配列される。配列されたデータ組に書き込まれた空/実データおよび作業データに対して空/実演算が行われる。そして、空/実演算結果を各データ組の空/実データとして書き換える。画素値データおよび深さデータと書換後の空/実データにより、立体要素を組み合わせる作られた新たな立体が表現される。なお、上記において、各データ組の配列後に空/実データおよび作業データを空/実演算可能な状態に書き換えるように構成することができる。

【0017】また本発明の好適な態様では、さらに、画面上の画素値データを記憶する画素メモリと、この画素メモリに記憶された画素値データに対応する立体の深さデータを記憶する深度メモリと、を備え、前記立体データメモリの深さデータ、画素値データおよび前記データ更新手段による書換後の空/実データに基づいて、前記深度メモリおよび前記画素メモリを書き換える。

【0018】上記構成によれば、深さデータ、画素値デ

ータおよびデータ更新手段による書換後の空/実データにより組み合わせ後の新たな立体が表現され、この立体のデータに基づいて画素メモリおよび深度メモリが書き換えられる。この書換は、Zバッファ法のデータ処理に従って行うことができる。

【0019】また本発明の一態様では、前記立体データメモリには、視点が各立体要素の内部または外部にあること示す視点情報を書き込み可能であり、該視点情報に基づいて視点が各立体要素の内部または外部にあるときの前記空/実演算を行う。

【0020】この構成によれば、視点が各立体要素の内部または外部のどちらにある場合にも、立体要素を組み合わせる新たな立体を表現する情報を求めることができる。

【0021】また本発明の一態様では、前記立体データメモリに記憶される各データ組から、前記空/実演算対象以外のデータ組を検出して前記立体データメモリ内で待避させるデータ待避手段を備え、前記演算手段は、前記データ待避手段により待避されていないデータ組を前記空/実演算対象のデータ組として前記空/実演算を行う。

【0022】この構成は、括弧付き演算式のような組み合わせ処理を行う場合に対応するものである。すなわち、上記構成によれば、空/実演算対象以外のデータ組（括弧外）を待避させておき、空/実演算対象のデータ組（括弧内）の演算を行うことができる。

【0023】また本発明の一態様では、前記データ更新手段により空/実演算結果にて前記各データ組の空/実データが書き換えられた状態で、空/実データの内容が同一であり連続配置されたデータ組を冗長データとして検出し、この冗長データを一つのデータ組にまとめる冗長データ処理手段を備えたことを特徴とする。

【0024】ここで冗長データが発生する場合としては、例えば、ある立体要素に他の立体要素が完全に埋め込まれてしまう場合や、立体要素の存在しない空間からある立体要素を引き算した場合が想定される。上記の構成によれば、冗長データを一つにまとめることによりデータ量を削減することができる。

【0025】さらにまた本発明は、3次元空間内の所定光源位置に光源を設定する光源設定手段と、画面上への前記光源位置の投影と該画面上の着目画素の間に介在する介在画素を抽出する介在画素抽出手段と、前記立体データメモリに記憶された前記深さデータを基に、前記着目画素および前記介在画素に対応する視線上の立体と前記光源位置の位置関係を求め、前記着目画素に対応する視線上の立体が影になっていることを検出する影画素検出手段とを備える。この構成によれば、立体データメモリに記憶された各立体が影になっていることを検出できるので、画面上に影を表現することができる。

【0026】さらにまた本発明では、前記立体データメ

モリは、さらに、各立体要素の物質の種類の情報を記憶可能である。この構成によれば、入力された立体の物質の種類を区別することができる。

【0027】さらにまた本発明では、前記立体データメモリは、さらに、各立体要素に関する透明度情報を記憶可能であり、前記所望の組み合わせにて生成された立体の画素値を前記透明度情報に基づいて調整する。この構成によれば、透明度情報に基づいて画素値を調整することにより、画面上に透明、半透明の物体を表現することができる。

【0028】さらにまた本発明では、計算機から入力された多角形の代表データを基に、該多角形内の各点に対応して、前記立体データメモリに書き込むデータ組を作成する多角形内部データ生成手段を備え、前記入力手段が、この多角形内部データ生成手段にて生成されたデータ組を前記立体データメモリに書き込む。この構成によれば、多角形内部データ生成手段を本発明の画像処理装置に内蔵することにより、多角形の描画を高速化することができる。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態について図面に基づき説明する。

【0030】【実施形態1】一般に、画面上に描かれる絵は、複数の物体（立体）から構成され、さらに、その物体は複数の基本図形を結合したものである。本装置は、計算機から送られてきた基本図形の3次元形状を論理演算にて結合し、さらに陰面処理を行い、これらの処理により画面上に表示すべき画素値を決定して表示装置に出力する。

【0031】図1は、実施形態1の画像処理装置の機能ブロック図である。同図に示すように、本画像処理装置は、データ処理対象の基本図形等を格納する表示記憶部1と、表示記憶部1に格納されたデータの処理を行う表示演算部2と、表示記憶部1から表示装置の画面に表示すべきデータを読みとって出力する表示処理部3とを備える。

【0032】図2は、表示記憶部1に設けられたメモリの構成を示している。同図(a)に示すように、表示記憶部1は、画面上の画素の色値を格納するフレームバッファ5と、この画素が表示している物体の視線上の深さ位置として深さデータ（深度）を格納するデプスバッファ6と、この画像処理装置に計算機から入力された基本図形を表すデータが書き込まれる記憶単位7とを備えている。同図に示すように、フレームバッファ5、デプスバッファ6および記憶単位7は、画素毎に設けられている。

【0033】次に、記憶単位7の構成を説明する。記憶単位7は、複数の記憶要素8を配列して構成されている。各記憶要素8には、視線上の基本図形のデータ、すなわち視線と基本図形が交わる箇所における基本図形に

関するデータが格納される。例として、基本図形が円柱の場合を考える。円柱の形状は、その外表面（円筒面）により表現され、そして、この外表面と視線は2箇所で交わる。従って記憶単位7中の2つの記憶要素8にデータが格納される。なお、入力された基本図形は、原則として、深さ位置の小さいものから順に配列するように記憶単位7の記憶要素8に書き込まれる。この配列は、複数の基本図形が入力された場合にも同様に行われる。

【0034】図2(b)は、記憶要素8のメモリ構成を示している。同図において、色情報記憶部9は、赤(R)、緑(G)、青(B)各8ビットの合計24ビットからなり、基本図形の色値を格納する。また深度記憶部10は、16ビットからなり、基本図形の視線上の深さ位置として深さデータ（深度）を格納する。さらに状態記憶部11は、1ビットであり、視線上の基本図形の深層側の空／実を表す状態値を格納する。状態値は、その記憶要素8に書かれている深さ位置から深い方向に向かって実状態（ものがつまっている）の場合に1、空状態の場合に0とするように設定されている。例えば円柱形状の場合、視点に近い側の表面では状態値が1であり、視点から遠い側の表面では状態値が0である。さらに記憶要素8には、1ビットからなる作業領域12が設けられている。この作業領域12は、記憶単位7に書き込まれた基本図形の論理演算を行うために使用される。作業領域12の記憶内容は、後述するデータ処理において説明する。以上、記憶要素8は、24ビットの色情報記憶部9と、16ビットの深度記憶部10と、1ビットの状態記憶部11と、1ビットの作業領域12の合計42ビットからなる。なお、記憶単位7中の記憶要素8は42ビット中のバスで連結されており、記憶要素8のデータをひとまとめにして同一記憶単位7内で高速転送できるようにしている。

【0035】次に、表示演算部2の構成について説明する。表示演算部2は、図1に示すように、バッファメモリ15、比較演算回路16、メモリ転送回路17、論理演算回路18およびデプスカウンタ19とを備える。

【0036】バッファメモリ15は、表示記憶部1の記憶要素8と同じ構造（図2(b)）であり、42ビットからなる。バッファメモリ15には、計算機から送られてきた基本図形のデータが一時的に貯えられる。計算機からは、基本図形のデータとして、上記の色値、深度、状態値が送られてくる。なお、その他の形態のデータを計算機から入力し、上記の色値、深度、状態値に変換するように構成してもよい。

【0037】比較演算回路16は、表示演算部2内でバッファメモリ15およびデプスカウンタ19とつながっており、また、深度記憶部10に対応する16ビット幅のバスで表示記憶部1とつながっている。比較演算回路16は、バッファメモリ15に入れられた深さデータと、表示記憶部1の記憶要素8に格納されている深さデ

ータを比較する。そして、バッファメモリ15に入れられたデータを書き込むべき記憶単位7内の記憶要素8の位置を検出し、この位置をデプスカウンタ19に入れる。この際、デプスカウンタ19のデータを記憶要素8に書き込んだときに、深さデータの小さい基本図形データから順に配列されるように書き込み位置を設定する。

【0038】メモリ転送回路17は、表示演算部2内でバッファメモリ15およびデプスカウンタ19とつながっており、また、記憶要素8に対応する42ビット幅のバスで表示記憶部1とつながっている。メモリ転送回路17は、デプスカウンタ1に格納された書き込み位置のデータを参照し、記憶単位7内でこの書き込み位置より後ろ側にある記憶要素8のデータを一段後ろ側に転送するとともに、バッファメモリ15の中のデータを書き込み位置データの示す記憶要素8に転送する。なお、上記の比較演算回路16とメモリ転送回路17は、本実施形態および後述する他の実施形態において、データ処理に必要な記憶単位7内のメモリ転送を適宜行う。このメモリ転送も、上記と同様の機能により、メモリバッファ15、デプスカウンタ19を利用して行われる。

【0039】論理演算回路18は、後述するデータ処理に従って、記憶要素8の状態記憶部11と作業領域12のデータを操作する。この操作には、データの論理演算、コピー、書換等が含まれる。

【0040】以上説明したように、表示演算部2は、表示記憶部1へのデータの入力手段および配列手段であり、さらに入力したデータの論理演算や書換等を行うデータ処理手段である。

【0041】表示処理部3は、表示演算部2による後述のデータ処理の後に、表示記憶部1のフレームバッファ5に格納された画素値を読みとって表示装置へ出力する。

【0042】次に、本画像処理装置の動作とともに、データ処理内容を説明する。ここでは、例として、図3～5に示す基本図形1および基本図形2が計算機から入力された場合のデータ処理を説明する。同図は、本装置で想定される3次元空間を、視線を含む面で切った断面を示している。同図において、画面上の各点は画素である。画素a、bから画面に対して垂直にのびる線は視線である。図面下方の横軸には、視線上の深さ位置が示されている。基本図形1、2は各々中実円柱であり、その断面が図示されている。画素aを通る視線が基本図形1と交わる点をA、B、基本図形2と交わる点をC、Dとする。また、画素bを通る視線が基本図形1と交わる点をE、F、基本図形2と交わる点をG、Hとする。基本図形1はE、A、B、Fの順に、基本図形2はG、C、D、Hの順に描いていくものとする。

【0043】また、以下においては、下記式、すなわち基本図形1、2の和、積、差の論理演算を行った物体を生成する場合について説明する。

【0044】

【数1】基本図形2+基本図形1

基本図形2*基本図形1

基本図形2-基本図形1

図3には上記の和演算の結果が、図4には積演算の結果が、図5には差演算の結果が示されている。ここで論理演算式の演算子(+、*、-)の前に位置する図形およびこれに関するデータを被オペランド、演算子の後に位置する図形およびこれに関するデータをオペランドと定義する。本例では、基本図形2が被オペランド、基本図形1がオペランドである。

【0045】以後説明するデータ処理は、大別して「基本図形の書き込み」「論理演算前処理」「論理演算」および「出力処理」とからなる。ここでは、まず、図3～5における画素aに対応するデータに着目してデータ処理内容を説明する。

【0046】「基本図形の書き込み」この処理では、基本図形1、2のデータが記憶単位7の記憶要素8に書き込まれる。この書き込み処理は、比較演算回路16とメモリ転送回路17により、前述した各構成の機能に従って行われる。また、書き込みの際の状態記憶部11および作業領域12のデータの操作は論理演算回路18により行われる。

【0047】なお、和演算と積演算の場合は、演算に係る基本図形を演算子の前後で入れ替えても結果には影響しないが、差演算の場合は影響する。今、「基本図形2-基本図形1」という演算を行おうとしているから、基本図形2(すなわち被オペランド)から描かねばならない。

【0048】まず、すべての記憶要素8において、状態記憶部11が0、深度記憶部10が無限大に初期化されている。また、作業領域12も0に初期化されている。

【0049】この初期状態から、被オペランドである基本図形2が書き込まれる。被オペランドを書き込む場合、状態記憶部11には、当該被オペランドの状態値が書き込まれる。図6(a)は、基本図形2を描き終えた時点での記憶単位7の内容を示している。同図において、Zc、Zdは、図3の点C、Dの深度であり、図3に示した横軸上の深さ位置に対応している。また、Cc、Cdは、点C、Dの色値である。図3に示されるようにZc<Zdであるから、図6(a)の最上段に点Cのデータが、その次に点Dのデータが書き込まれている。また、図3から明らかなように、点Cにおける状態値は1(深層側が実状態)であり、点Dにおける状態値は0(深層側が空状態)である。

【0050】次に、オペランドである基本図形1が書き込まれる。図6(b)は、基本図形1として点A、Bを書き込んだ状態を示している。図3に示されるようにZa<Zb<Zc<Zdである。従って、図(b)では、図(a)の状態から点C、Dのデータが3、4段目に転

送され、点A、Bのデータが1、2段目に書き込まれ、その結果、各データが深さ位置の順に配列されている。

【0051】本装置においてオペランドは以下の規則に従って書き込まれる。図6(b)もこの規則に従って書き込みが行われた状態となっている。

【0052】(1)まず、状態記憶部11にはなにも書かず、作業領域12にオペランドのデータであることを示す値として1を書き込む

(2)上記(1)によりなにも書かれなかった空欄の状態記憶部11に、一つ表層側にある状態記憶部11のデータ1をコピーする。ただし、最表層側(図中の1段目)の記憶要素8に書き込まれたオペランドデータの場合、状態記憶部11を0で埋める。

【0053】以上の規則に従った結果、図6(b)において、点C、Dの作業領域12はともに1であり、状態記憶部11は0となっている。

【0054】「論理演算前処理」基本図形1、2の書き込み後に、論理演算回路18が下記の規則に従って前処理を行う。図6(c)は、この前処理を行った結果を示している。

【0055】(1)記憶単位7を表層側から捜査して、記憶要素8の作業領域12に最初に1が現れる層から、次に1が現れる層までの作業領域12を1で埋める(図6(c)では、作業領域12のデータ1が連続しているので、この操作によるデータの書換はない)

(2)上記(1)の操作の後、作業領域12において連続している最後の1を0に書き換える。この最後の1は、前処理を行う前においてオペランドを示す値として書いてあった1である。図6(c)では、点Bのデータ(表層側から捜査している点で点Bのデータが最後の1となる。)が1から0に反転している。この操作は、元々データがオペランドであることを示すための符号が書かれていた作業領域12のデータを、オペランドの状態値(奥にもものがある場合は1、空の場合は0)に置き換えることを意味する。

【0056】なお、図形が複雑で3個以上のオペランドが挿入される場合、0の領域と1の領域が交互に現れる。

【0057】以上の前処理の結果、図6(c)に示すように、作業領域12にはオペランドの状態値、状態記憶部11には波オペランドの状態値が入ったことになる。つまり、作業領域12には、基本図形1に関する深さ位置Za~Zdにおける状態値が入っている。すなわち、図3に示されるように、基本図形1にとって深さZaにある点Aの状態値は1であり、深さZb、Zc、Zdにある点B、C、Dの状態値は0である。また、状態記憶部11には、基本図形2に関する深さ位置Za~Zdにおける状態値が入っている。すなわち、基本図形2にとって点Cの状態値は1であり、点A、B、Dの状態値は0である。図6(c)の作業領域12、状態記憶部11

には、このことが示されている。

【0058】「論理演算」論理演算は、論理演算回路18により、図8の規則に従って行われる。論理演算は、記憶要素8毎に、上記の前処理後に作業領域12と状態記憶部11に書かれたデータを対象として行われる。図5中、オペランドの欄は作業領域12に書かれたデータであり、また、被オペランドの欄は状態記憶部11に書かれたデータである。論理演算結果は、更新状態値として、当該記憶要素8の状態記憶部11を更新して書き込まれる。

【0059】演算結果は、図6(d)(和演算)、図6(e)(積演算)、図6(f)(差演算)に各々示されている。この例では、合成される図形は、基本図形1と基本図形2のみから形作られるから、行われる論理演算はこれで全てである。図6(d)~(f)と図3~5を参照すると明らかなように、論理演算結果の更新状態値は、論理演算により生成された物体における点A~Dの状態値を示している。例えば図3において点A、Cは深層側に実状態であり、図6(d)において更新状態値は1である。また図3において点B、Dは深層側に空状態であり、図6(d)において更新状態値は0である。

【0060】「出力処理」更新状態値を書き込んだ後、表層側からみて状態記憶部11の値が初めて1となる記憶要素8が書換対象として検出される。この記憶要素8のデータは、更新状態値が深層側に実状態であり、かつ最も深度が小さい(表層側)データである。すなわち、この記憶要素8は、論理演算により形成された物体において視点から見える点に関するデータを格納している。検出した記憶要素8に格納された深度と色値がデプスバッファ6およびフレームバッファ5に送られる。図示の例では、和演算の場合はZaとCa、差演算の場合はZcとCcが送られる。ただし、積演算の場合は、最後まで状態値が1となる記憶要素8はないので、デプスバッファ6等へは何も送り出されない。

【0061】次に、上記の検出した記憶要素8から送られた深度が、デプスバッファ6に格納されている深度と比較される。そして、記憶要素8からの深度の方が小さい(表層側)の場合には、デプスバッファ6が記憶要素8からの深度にて書き換えられる。この書換とともに、フレームバッファ5が、上記に検出した記憶要素8の色情報記憶部9の色値にて書き換えられる。

【0062】表示処理部3は、フレームバッファ5に格納された色値を読みとって表示装置へと出力する。以上が本画像処理装置によるデータ処理の内容である。

【0063】次に、画素bに対応するデータの処理内容を説明する。図8は、画素bのデータ処理の内容を前述の図6と同様の形式で示している。

【0064】「基本図形の書き込み」では、まず画素aの場合と同様に、基本図形2の点G、Hのデータが書き込まれる(図8(a))。次に基本図形1の点E、Fのデ

ータが書き込まれる(図8(b))。ここでは、点G、Hのデータが順次一つづつ奥に送られ、点Eに関するデータが先頭に書き込まれる。さらに点Hのデータが一つ奥に送られ、点Fのデータが書き込まれる。こうして、各データが深さ位置の順に配列される。また点Eは最表層側のデータであるので、前述の規則に従い状態記憶部11に0が書き込まれる。また点Fの状態記憶部11には、点Gの状態値1がコピーされている。

【0065】「論理演算前処理」では、前述の規則に従い作業領域12に最初に1が現れる点Eから、次に1が現れる点Fまでの層(すなわち点Gの層)の作業領域12が1で埋められる。そして作業領域12で連続している最後の1、すなわち点Fのデータの作業領域12の1が0に反転される(図8(c))。

【0066】「論理演算」および「出力処理」は、前述の画素aの場合と同様に行われる。図8(d)~(f)は、論理演算結果を示している。

【0067】次に、図9に示すように、同軸上に位置する2つの円柱形状が基本図形として入力された場合のデータ処理を説明する。ここで、大きい円柱である基本図形2を被オペランドとし、小さい円柱である基本図形1をオペランドとし、差演算(基本図形2-基本図形1)を行うものとする。この場合、差演算により中空の円筒が生成される。従って画素cに対応する視線上では、論理演算後に物体の存在する領域が2つ(点A~点Cの領域と、点D~点Bの領域)に分かれる。このような場合にも、本画像処理装置によれば、以下に説明するように、演算後の形状を表現できる。

【0068】図10は、図9に対応したデータ処理の内容を示している。図10(a)は、「基本図形の書込み」が行われた状態である。同図において、点C、Dの状態値は、点Aの状態値1をコピーしたものである。図10(b)は、「論理演算前処理」を行った状態である。そして図10(c)は、「論理演算」により差演算を行った結果である。同図において、点A、点Dの更新状態値は1であり、深層側が実状態であることを示している。また点C、点Bの更新状態値は0であり、深層側が空状態であることを示している。従って、図10

(c)の更新状態値は、点Aから点Cまでと、点Dから点Bまでが実状態であることを表現している。このように、本画像処理装置では、論理演算後に物体の存在する領域が視線上で2つ以上に分かれる場合でも、演算後の形状を正確に表現することができる。

【0069】以上に本実施形態の画像処理装置について説明した。なお、上記の例では、いずれも2つの基本図形を対象とするデータ処理を取り上げて説明した。これに対し、3つ以上の基本図形が入力された場合も、順次所望の論理演算が行われ、入力された3つ以上の基本図形を組み合わせた物体が生成される。

【0070】ここで、本装置で行われるデータ処理をみ

ると、

- 1) 16ビットの比較演算
- 2) 42ビット幅のバスを介しての記憶要素8単位でのデータ転送
- 3) 1ビットのデータのコピー
- 4) 隣り合った1ビットの論理演算
- 5) ズバッファ法に従ったデータ処理

とその種類は限られている。従って、本画像処理装置は、上記に説明したように簡単な構造であり、ハードウェアとして容易に構成することができる。このハードウェア構成とすることと、データ処理量が少ないことの両効果により、画像処理を高速化することが可能である。

【0071】【実施形態2】本実施形態は、視点が基本図形の内部/外部にあるときに、同様の処理にて論理演算を行うことができる画像処理装置である。なお、本実施形態において、実施形態1と同様の装置構成およびデータ処理については、説明を省略する。

【0072】上記実施形態1は、視点はいかなる基本図形の内部にも含まれないことを暗黙の内に仮定して画像処理装置が設定されていた。これに対し、論理演算の素材となる基本図形が内部に視点を含んでおり、論理演算にて合成された物体は視点を中に含まない(すなわち視点から見える物体)という場合もある。このような場合にも対応可能な装置構成とすることにより、画像処理装置にて表現可能な形状の種類がさらに多くなる。本実施形態は、このような観点に立ち、視点が基本図形の内部にある場合にも適用可能に構成された画像処理装置である。

【0073】図11(a)は、本実施形態の表示記憶部1'の構成を示している。本実施形態では、前述の実施形態1の表示記憶部1に対して、視点を含む図形があるか否かを示す値を保持する視点情報メモリ21が追加されている。図11(b)は、視点情報メモリ21の構成を示している。視点情報メモリ21は、オペランド、被オペランドの各々についての情報を保持するオペランド視点メモリ22、被オペランド視点メモリ23を有している。ここで、オペランドが視点を内部に含んでいるときはオペランド視点メモリ22に1が保持され、視点を内部に含まないときは同メモリに0が保持される。被オペランド視点メモリ23も同様である。オペランド視点メモリ22および被オペランド視点メモリ23は、各々1ビットである。

【0074】次に、本実施形態のデータ処理について説明する。実施形態1と同様に、計算機から送られてくるデータには、基本図形の色値、深度および状態値が含まれている。入力された基本図形は、記憶単位7の各記憶要素8へ書き込まれる。この際、オペランド視点メモリ22、被オペランド視点メモリ23は、最も前面にある記憶要素8のデータの状態値を反転して保持する。論理演算の前処理段階では、表層側から作業領域12に1が

現れるまで、オペランド視点メモリ22に保持されている値を作業領域12に書き込む。0反転する場合は元からある1も0に換える。そして、1が現れるごとに値を反転して書き込む。従って、オペランド視点メモリ22に保持されている値が0であるならば、作業領域12の値は実施形態1と同じになる。一方、オペランド視点メモリ22に保持されている値が1の場合（視点が図形の内部にある場合）は実施形態1と逆の数値が作業領域12に書き込まれる。

【0075】論理演算に際しては、各記憶要素8の状態記憶部11と作業領域12の値により、実施形態1と同様の論理演算が行われ、演算結果の更新状態値をもって状態記憶部11が更新される。論理演算の際、被オペランド視点メモリ23とオペランド視点メモリ22の値の間でも、上記と同様の論理演算が行われ、演算結果は被オペランド視点メモリ22に書き込まれる。

【0076】以上のデータ処理を、図12、図13の具体例に基づいて説明する。図12に示すように、ここでは、基本図形1と基本図形2の円柱の積演算が行われる。そして、視点は、基本図形1の内部であって、基本図形2の外部にある。

【0077】まず、基本図形1が被オペランドであり、基本図形2がオペランドである場合（すなわち、「基本図形1 * 基本図形2」の演算を行う場合）について説明する。図13(a)～(d)は、この場合のデータ処理内容を示している。

【0078】図13(a)は、基本図形1が描かれた状態である。同図に示すように、注目している視線に対応する点Aのデータが入力されている。また、点Aの状態値が0であるので、被オペランド視点メモリ23はこの値を反転した値1を保持している。図13(b)は、さらに、基本図形2が描かれた状態である。点Bの状態値が1であるので、オペランド視点メモリ22の値は0である。図13(c)は、作業領域12の値をオペランドの状態値に変更したところであり、図14(d)は、状態記憶部11と作業領域12の値を積演算し、また被オペランド視点メモリ23とオペランド視点メモリ22の値を積演算した結果を示している。

【0079】次に、基本図形2が被オペランドであり、基本図形1がオペランドである場合（すなわち、「基本図形2 * 基本図形1」の演算を行う場合）について説明する。図13(e)～(h)は、この場合のデータ処理内容を示している。

【0080】図13(e)は、基本図形2が描かれた状態である。点Bの状態値が1であるので、被オペランド視点メモリ23はこの値を反転した値0を保持している。図13(f)は、さらに、基本図形1が描かれた状態である。点Aの状態値が0であるので、オペランド視点メモリ22の値は1になる。図13(c)は、作業領域12の値をオペランドの状態値に変換したところであ

る。ここで、オペランド視点メモリ22の値が1であるため、実施形態1のときと比べると、値が逆になっていることに注目されたい。

【0081】【実施形態3】本実施形態は、前述の各実施形態に対して、括弧付きの論理演算式を演算する機能を付加した画像処理装置である。なお、本実施形態において、前述の各実施形態と同様の装置構成およびデータ処理については、説明を省略する。

【0082】上記の各実施形態は、前述のデータ処理に従い、論理演算式の先頭の被オペランドから順次処理していくように構成されている。これに対し、括弧付きの論理演算式を処理する場合、括弧部分から先に演算する必要がある。具体的には、例えば「 $X * (Y - Z)$ 」という論理演算式に対しては、 $(Y - Z)$ から先に演算する必要がある。本装置は、下記に説明するように、括弧付き演算式に対応して演算の途中経過を一時待避させるように構成され、括弧付きの論理演算を行う機能を付加されている。

【0083】本装置における、括弧付き演算式に対応するためのデータ処理の内容について説明する。このデータ処理では、以下の（ステップ1）～（ステップ3）の処理が順次行われる。

【0084】（ステップ1）演算途中に「(」に対応するデータが送られてくると、それまでに計算されたデータが一つ深層側の記憶要素8に移される。これとともに、移されたデータの表層側の記憶要素8に、深さ位置が無限大の仮データが置かれる

（ステップ2）「(」以降に入力されるデータは、この無限大の仮データより表層側に置かれて演算される。ここで、仮データより表層側では、前述の実施形態1と同様にしてデータ処理が行われる

（ステップ3）「)」に相当するデータが送られてくると、無限大の仮データが取り除かれる。そして、仮データの深層側および表層側にあるデータが深さ位置の順に並び換えられて、実施形態1と同様のデータ処理が行われる。

【0085】上記では、「(」の入力前に記憶要素8に格納されていたデータは、仮データの深層側に待避される。そして、「(」から「)」まで、すなわち括弧内の論理演算が、実施形態1のデータ処理に従って実行される。「)」の入力により、待避していたデータと、括弧内の演算済みのデータとにより、さらに実施形態1に説明したデータ処理が行われる。

【0086】以上のデータ処理を具体例に基づいて説明する。図14は、下記式の論理演算を行う場合のデータ処理を示している。

【0087】基本図形1 * (基本図形2 - 基本図形3)
ここで、各基本図形は前述と同様の中実円柱である。着目している画素に対応する視線上には、6個の点A～Fがあり、点A、B（深さZa、Zb）は基本図形1に、

点C、D（深さZc、Zd）は基本図形2に、点E、F（深さZe、Zf）は基本図形3に属する。

【0088】図14（a）は、上記（ステップ1）（ステップ2）が終了した状態である。同図は、以下の過程を経た状態である。まず基本図形1（点A、B）が読み込まれる。そして、「 \cup 」の入力とともに一つ深層側の記憶要素8に移され、深さ位置が無限大の仮データが置かれる。そして、括弧内の基本図形2、3のデータが仮データの表層側に読み込まれて、実施形態1と同様のデータ処理により論理演算が行われる。ここで、図示のように、（基本図形2—基本図形3）の演算結果は、前述の図9に対応する中空円筒形状を示している。

【0089】図14（b）（c）は上記（ステップ3）に対応している。同図（b）では、括弧の中で演算されたデータはオペランドにあたるので、その状態値は作業領域12に移されている。また、「 \cap 」の読み込みとともに、仮データが取り除かれて、点A～点Fのデータが深さ位置の順に並び換えられている。同図（c）では、空欄がつめられている。この状態から実施形態1に説明した論理演算が行われる。

【0090】以上の説明では、待避データと括弧内のデータの境界を示すために、深度が無限大の仮データを用いた。これに対し、記憶要素8のビット数をひとつ増やし、そのビットに境界を示すフラグを立てても、同様の操作が行える。

【0091】【実施形態4】本実施形態は、前述の各実施形態に対して、冗長データを除去する機能を付加した画像処理装置である。本装置では、前述の各実施形態と同様のデータ処理が行われる。そして、さらに、論理演算後に以下に説明する如く冗長データを除去する処理を行う。この冗長データの除去処理は、論理演算式全体の終了後のみでなく、演算途中の各段階の論理演算が終了する度に行われる。なお、本実施形態において、前述の各実施形態と同様の装置構成およびデータ処理については、説明を省略する。

【0092】図15（a）は、演算結果が冗長データを含む場合の具体例である。同図は、前述の図6（f）に相当している。同図において、1段目と2段目は、なにもない空間から基本図形を引き算した状態である。従って、1段目と2段目のデータは、視点から見える形状のデータではない。また以降にさらなる論理演算を行ったとしても、演算結果できる物体に影響を及ぼさない。すなわち、1段目と2段目のデータは冗長データである。

【0093】各画素を通る視線において、上記の如くなくもないところから引き算をした場合、あるいは、演算の結果、ある物体が他の物体に完全に埋め込まれている場合には、上記のような冗長データが発生する。記憶単位7で見ると、記憶要素8の状態記憶部11に続けて同じデータが書き込まれている部分が冗長データに相当する。本装置では、以下の規則に従って冗長データを除去

する。

【0094】（1）論理演算の直後に状態記憶部11を捜査して、状態記憶部11に同じデータが2回以上続けて現れた場合、それらを一つにまとめる（深層側の記憶要素8のデータを削除する）。削除されたデータより深層側の記憶要素8のデータを表層側に転送する。

【0095】（2）最表層のデータについては、下記（a）（b）により冗長データであるか否かを判断し、冗長データである場合には、データを削除する。

10 【0096】（a）（実施形態1に適用する場合）：最表層より視点側に状態値0（物体がない）の仮想的なデータがあると考えて、（1）と同様の判断をする。

【0097】（b）（実施形態2に適用する場合）：視点の状態値を保持する視点情報メモリ21が表層側にあると考える。

20 【0098】図15（b）は、以上の規則に従って図15（a）の冗長データを削除した結果である。この場合、上記（2）（a）に基づき最表層より視点側に状態値0があると考えている。従って、状態値0のデータが3つ連続しているので、深層側に位置する点A、Cのデータが削除されている。

【0099】以上に本画像処理装置のデータ処理を説明した。なお、例外として、上記の処理は、入れ子になった物体の断面を差演算で切り出して見るような用途では行えない。状態値が1が連続する部分のデータを除去してしまうと、入れ子の物体を表現できなくなるからである。

30 【0100】【実施形態5】本画像処理装置は、前述に説明したように、各画素毎に、視線における3次元形状に関する情報を求めている。この情報により、視線上のどの深さの領域にどの物体が存在するかが求められている。この画素毎の情報を合成すれば、対象としている3次元空間における物質の分布が求められる。換言すれば、画面に描かれる複数の図形は画素毎の図形が和演算で結合された単一の図形であると解釈し、この単一の図形の物質分布を求めるということになる。

40 【0101】本実施形態は、上記に説明した3次元空間内の物質分布を利用して、画面上に影を表現する装置である。この際、描こうとする画素に対応している深さ位置の点が、他の画素に対応する視線上に存在する物質の影になっているか否かを判断する。

50 【0102】本画像処理装置は、すべての画素に対応した視線上の基本図形のデータを受け取り論理演算を行うまで、描画しないものとする。これにより、対象とする3次元空間内の物質分布の情報が得られる。なお、前述の各実施形態では、特に明記されていないが、一つの図形データができる度に、画素（フレームバッファ5）に色情報を送り、記憶単位7をクリアするように構成されている。装置構成に関して上記以外の点については、前述の各実施形態と同様であり、説明を省略する。

【0103】以下、本実施形態におけるデータ処理を図16、図17に示した具体例に基づき説明する。図16は、画面の正面図であり、図17は、前述の図6と同様に、対象の3次元空間を視線を含む面で切った断面である。ここでは、図16中の画素dに着目し、この画素dが影であるか否かを判断するデータ処理を説明する。

【0104】図16は、画素dから光源方向に介在にして位置する画素（以下、介在画素という）を検出する方法を示す説明図である。本装置では、まず、図示しない光源設定手段が、図示の位置に光源を設定する。そして、図示しない介在画素抽出手段が以下のデータ処理により、斜線で示した介在画素を抽出する。

【0105】画素dに対応するデプスバッファ6のデータを参照し、画素dが表示する物体上の点（以下、点d'という）の深さ位置を求める。これにより点d'の座標 (x_0, y_0, z_0) と、点d'から光源に向かうベクトルのx、y、z成分 (a, b, c) が求められる。そして、下記式により、点d'から光源に向かう直線の方程式を得る。ここで、tは媒介変数である。

【0106】

$$\text{【数2】 } x = at + x_0$$

$$y = bt + y_0$$

$$z = ct + z_0$$

上記において、 $|a| > |b|$ であるとする。この場合、x座標を x_0 から一つづつ光源側に移動し、各x座標値からtを逆算し、このtを上式に代入してy座標とz値を得る。ここで得られたx座標、y座標に位置する画素が、図16に斜線で示した介在画素である。

【0107】さらに、座標 (x, y) で指定される介在画素毎に、各介在画素に対応する記憶単位7のデータと、上記で得られたz値とを比較する。この比較により、点d'と光源の間に光を遮る物体があるのか否かを、以下のようにして判定する。図17は、この判定の様子を示している。

【0108】ここでは、記憶単位7の中から、z値より表層側にあって最大の深さ位置を格納する記憶要素8を探し出す。そして、その記憶要素8の状態記憶部11の値が1（深層側に物質が詰まっている）であれば光を遮る物体が存在していると判定する。上記の状態値1は、z値の深さにおいても実状態であることを示しているからである。例えば、図17の介在画素fは上記に該当しており、介在画素fに対応する視線上に光を遮る物体が存在している。

【0109】一方、上記状態記憶部11の値が0であれば、その介在画素の位置においては、光を遮る物体が存在しないと判定する。例えば、図17の介在画素eでは、上記により視線上に光を遮る物体がないと判定される。なお、介在画素に対応する記憶単位7にデータを格納した記憶要素8が見つからない場合は、当然の事ながら、光を遮る物体はないと判定する。

【0110】以上の操作は、光を遮る物体が見つかるか、x、yいずれかの座標値が図16の画面の範囲外にでるまで続ける。そして、光を遮る物体が見つかった場合は、表示演算部2に設けられた図示しない影付け手段が、画素dの色を影の色で置き換える。

【0111】なを、上記のデータ処理において、画素の輝度が一定の値以下のときは、この影付け操作を行わないように構成することにより、全体の描画パフォーマンスは向上する。

10 【0112】【実施形態6】本実施形態は、前述の各実施形態に対して、物質の種類を区別することができるように構成した装置である。なお、本実施形態において、前述の各実施形態と同様の装置構成およびデータ処理については、説明を省略する。

【0113】図18は、本画像処理装置における、表示記憶部1内の記憶要素8'のメモリ構成である。同図に示すように、入力された3次元形状の物質の種類を記憶する物質メモリ25が追加されている。本実施形態では、表示演算部2のバッファメモリ15も上記記憶要素8'に対応した構成となっている。また上記の物質の種類は、例えば物質番号として格納される。

20 【0114】本実施形態では、実施形態1に対して、記憶要素8'間をつなぐバスと、表示記憶部1およびメモリ転送回路17をつなぐバスが異なっている。実施形態1において上記バスはいずれも42ビット幅であったのに対し、本実施形態において上記バスは、42ビットに物質メモリ25のビット数を加算した幅のバスに設定されている。

【0115】また、本実施形態のデータ処理は、上記実施形態5と同様に、すべての画素に対応した視線上の図形のデータを受け取り論理演算を行うまで、描画しないように構成されている。この構成により、前述の如く、対象とする3次元空間内の物質分布の情報が得られる。

【0116】以上の構成によれば、3次元空間内の物質分布が得られ、かつ、分布している各物質の種類の情報が得られる。従って、物質の種類毎の空間分布のデータが得られる。

40 【0117】このデータを利用して、例えば、物質番号から物質の密度を参照して重量を算出するといったことが可能となる。また、このデータを流体解析などのシミュレーションの入力データとして用いるなどの応用ができる。

【0118】【実施形態7】本実施形態は、前述の各実施形態に対して、透明、半透明の物体を表現することができるように構成した装置である。なお、本実施形態において、前述の各実施形態と同様の装置構成およびデータ処理については、説明を省略する。

50 【0119】図19は、本画像処理装置における、表示記憶部1内の記憶要素8''のメモリ構成である。同図に示すように、入力された基本図形が透明であるか否かを

21

区別するための値を保持するための透明度メモリ26が追加されている。また本実施形態では、表示演算部2のバッファメモリ15も上記記憶要素8"に対応した構成となっている。

【0120】本実施形態では、実施形態1に対して、記憶要素8"間をつなぐバスと、表示記憶部1およびメモリ転送回路17をつなぐバスが異なっている。実施形態1において上記バスはいずれも42ビット幅であったのに対し、本実施形態において上記バスは、42ビットに

10 透明度メモリ26のビット数を加算した幅のバスに設定されている。

【0121】また、本実施形態のデータ処理は、上記実施形態5と同様に、すべての画素に対応した視線上の基本図形のデータを受け取り論理演算を行うまで、描画しないように構成されている。そして、データをすべて受け入れ、論理演算もすべて終了した後、表層側から、状態記憶部11の状態値が1（物質が深層側に実状態）であり、かつ透明度メモリ26が透明でないことを表すデータを格納しているような記憶要素8"を検出する。そして、検出した記憶要素8"のデータにより、前述の実

20 施形態1に説明した「出力処理」（検出したデータを用いてのZバッファ処理によるフレームバッファ5、デプスバッファ6の書換）を行う。

【0122】ただし、上記検出した記憶要素8"より表層側に、状態値が1であり、かつ透明な物体が存在した場合には、フレームバッファ5に送る色値を以下のように変換する。すなわち、フレームバッファ5に送ろうとしている色値に対して、上記透明物体の色を掛け合わせて輝度を減ずる。この際、赤、緑、青の成分毎に計算を行う。また、ここでは、透明度メモリ26の情報を基

に、0から1に規格化し、最も明るい値を1として計算する。

【0123】以上のようにして、本装置によれば、透明、半透明の物体を表現することが可能となる。

【0124】[実施形態8] 本実施形態は、多角形の代表データが入力された場合に、この入力データを基に、前述の記憶要素8に書き込むべきデータを生成し、本発明の画像処理を行うことができるように構成した装置である。なお、ここでは、三角形の代表データが入力され、この代表データは各頂点の座標と色とからなる場合

の形態を例示して説明する。

【0125】図20は、本実施形態の画像処理装置の機能ブロック図である。本実施形態では、前述の図1に対して、画像データ生成部28が追加されている。画像データ生成部28には、計算機から多角形の各頂点のデータ（3次元座標および色）が入力される。そして、入力情報を基に、多角形内部の各点の色と深度の情報を生成し、実施形態1と同様の構成の表示演算部2に出力する。本装置のその他の構成およびデータ処理内容は、前述の実施形態1と同様である。

22

【0126】以下、図形データ生成部28の構成についてさらに説明する。まず、多角形内部の各点のデータを生成するための原理について説明する。入力された三角形P1・P2・P3の頂点の座標のx、y成分、すなわち画像面への投影をP1(x1, y1), P2(x2, y2), P3(x3, y3)とする。また、上記投影に対応する視線上の各頂点の深さ位置を、Z1、Z2、Z3とする。さらに各頂点の色(R, G, B)をそれぞれR1、G1、B1、R2、G2、B2、R3、G3、B3とする。このとき、三角形内の任意の点(x, y)の深度(Z)および色(R, G, B)は下式により表せる。

【0127】

$$\text{【数3】 } Z = a_1 * x + b_1 * y + c_1$$

$$R = a_2 * x + b_2 * y + c_2$$

$$G = a_3 * x + b_3 * y + c_3$$

$$B = a_4 * x + b_4 * y + c_4$$

ただし、a1, b1, c1は下記の連立方程式の解である。

【0128】

$$\text{【数4】 } Z_1 = a_1 * x_1 + b_1 * y_1 + c_1$$

$$Z_2 = a_1 * x_2 + b_1 * y_2 + c_1$$

$$Z_3 = a_1 * x_3 + b_1 * y_3 + c_1$$

また、a2, b2, c2は下記の連立方程式の解である。

【0129】

$$\text{【数5】 } R_1 = a_2 * x_1 + b_2 * y_1 + c_2$$

$$R_2 = a_2 * x_2 + b_2 * y_2 + c_2$$

$$R_3 = a_2 * x_3 + b_2 * y_3 + c_2$$

30 また、a3, b3, c3は下記の連立方程式の解である。

【0130】

$$\text{【数6】 } G_1 = a_3 * x_1 + b_3 * y_1 + c_3$$

$$G_2 = a_3 * x_2 + b_3 * y_2 + c_3$$

$$G_3 = a_3 * x_3 + b_3 * y_3 + c_3$$

さらにまた、a4, b4, c4は下記の連立方程式の解である。

【0131】

$$\text{【数7】 } B_1 = a_4 * x_1 + b_4 * y_1 + c_4$$

$$B_2 = a_4 * x_2 + b_4 * y_2 + c_4$$

$$B_3 = a_4 * x_3 + b_4 * y_3 + c_4$$

画像データ生成部28は、以上の式を解くことにより、三角形内の任意の点の深度(Z)および色(R, G, B)のデータを生成する。

【0132】図21は、画像データ生成部28の構成を示している。画像データ生成部28は、汎用の役割を果たす1個の主プロセッサ30と、後述する役割を果たす4個の補助プロセッサ31～34、主プロセッサ30と補助プロセッサ31～34の双方からアクセスできる1

50

2個の専用レジスタ35～46、および主プロセッサ3

0用の複数個のレジスタまたはメモリ47から構成される。

【0133】以下、画像データ生成部28のデータ処理について説明する。頂点のデータを受け取った主プロセッサ30は、前述の式に従って、係数 a_1 、 b_1 、 c_1 、 a_2 、 b_2 、 c_2 、 a_3 、 b_3 、 c_3 、 a_4 、 b_4 、 c_4 を算出する。そして b_1 をレジスタ36に、 b_2 をレジスタ38に、 b_3 をレジスタ40に、 b_4 をレジスタ42に入れる。

【0134】次に前述した頂点の投影を求め、 x 座標値の小さい順に並べかえる。ここでは、この順番が x_1 、 x_2 、 x_3 であったとする。そして、 x_1 から x 座標値を一つづつ増やし、増やすごとに $a_1 * x + c_1$ を計算しレジスタ35に入れる。同じく $a_2 * x + c_2$ をレジスタ37に、同じく $a_3 * x + c_3$ をレジスタ39に、同じく $a_4 * x + c_4$ をレジスタ41に書き込む。

【0135】そして、 $x_1 \leq x \leq x_2$ の間は、座標 x における線分 P_1-P_2 上の y 値から、線分 P_1-P_3 上の y 値まで、 y 値を連続的に発生させ、補助プロセッサ31~34に転送する。また、 $x_2 < x \leq x_3$ の間は、線分 P_1-P_3 と線分 P_2-P_3 について同様の処理を行う。

【0136】 y 値を転送された補助プロセッサ31は、レジスタ36から b_1 を読みだし、転送された y 値と掛け合わせ、さらにレジスタ35の値を加えてレジスタ43に書き込む。これにより、三角形内部の各点の深さ位置が求められてレジスタ43に書き込まれたことになる。他の補助プロセッサ32~34も同様に動作する。従って、レジスタ43~46のデータにより、三角形内部の各点の深さ位置および色の情報が得られる。すなわち、レジスタ43~46を合わせると、表示記憶部1の記憶要素8の深度記憶部10と、色情報記憶部9に相当する構成になっている。補助プロセッサ31~34が計算をしている間に主プロセッサ30は、各座標に対応する記憶単位8のアドレスを計算し、補助プロセッサ31~34が計算したデータに状態値を加えて表示演算部2に転送する。以降のデータ処理は、前述の実施形態1と同様に行われる。

【0137】以上に本実施形態の画像処理装置について説明した。なお、本発明において、入力される多角形の形状は、上記の三角形に限定されるものではない。また、多角形の代表データは、上記の頂点に関するデータに限定されるものではない。さらに、多角形内部のデータの生成を、上記のような線形補間ではなく、他の内挿補間により行うように構成してもよい。

【0138】

【発明の効果】本発明によれば、各立体要素に関して少なくとも画素値データ、深さデータ、空/実データおよび作業データを組として記憶可能な立体データメモリと、所望の立体要素に関する各データを順次立体データ

メモリに書き込む入力手段と、立体データメモリに書き込まれた各データ組を深さデータのデータ順に配列する配列手段と、空/実データおよび前記作業データに対して、立体要素の所望の組合わせに対応した空/実演算を行う演算手段と、空/実演算結果を各データ組の空/実データとして書き換えるデータ更新手段とを備えるように画像処理装置が構成されるので、立体要素を組み合わせで作られた立体が、立体データメモリに書き込まれた「画素値データ」、「深さデータ」および「空/実演算結果にて書換後の空/実データ」により表現される。ここで「立体要素」「立体」は、それぞれ実施形態の基本形状および物体に相当する。従って、立体要素を組み合わせで立体をつくるためのデータ処理が単純かつ小量となるので、このようなデータ処理を行う装置をハードウェアにて容易に構成することができる。以上、データ処理をハードウェアにて行うこと、データ処理量を削減したこと、中央演算処理装置の負担が軽減されることにより、画像処理速度を高速化することが可能となる。

【0139】さらに本発明によれば、画面上の画素値データを記憶する画素メモリと、この画素メモリに対応する深度メモリとを備えたので、立体要素を組み合わせでつくられた立体の情報と画素メモリおよび深度メモリを用いてZバッファ法による陰面処理を行うことができる。従って、立体を作る機能とZバッファ処理機能を一体化して一つの画像処理装置にて構成したことにより、画像処理速度をさらに高速化することが可能となる。

【0140】また本発明によれば、視点が各立体要素の内部または外部にあること示す視点情報を立体データメモリに書き込み可能であるので、視点が各立体要素の内部または外部のどちらにある場合にも空/実演算を行うことができる。従ってより多種類の形状を表現することが可能となる。

【0141】また本発明によれば、立体データメモリに記憶される各データ組から、空/実演算対象以外のデータ組を検出して待避させるデータ待避手段を備え、演算手段が待避されていないデータ組を実演算対象のデータ組として空/実演算を行う。従って、括弧付きの演算式において、括弧の外のデータを待避させて、括弧の中のデータから演算することができる。すなわち本発明によれば、括弧付きの演算式をそのまま処理することができる。以上より、同様の形状を表現するのに括弧付き演算式を使わない場合と比べ、形状表現が容易であり、かつデータ処理が高速化する。

【0142】また本発明によれば、データ更新手段により空/実演算結果にて各データ組の空/実データが書き換えられた状態で、空/実データの内容が同一であり連続配置されたデータ組を冗長データとして検出し、この冗長データを一つのデータ組にまとめる冗長データ処理手段を備えたので、データ量の削減により画像処理を高速化することができる。

【0143】また本発明によれば、立体データメモリに記憶された深さデータを基に、着目面素および介在面素に対応する視線上の立体と光源位置の位置関係を求め、着目面素に対応する視線上の立体が影になっていることを検出するように構成したので、画面上に影を表現することが可能となり、より多彩な表現を行うことができるようになる。

【0144】また本発明によれば、立体データメモリに各立体要素の物質の種類の情報を記憶可能に構成したので、物質の種類と分布が得られる。従って、物質の種類を必要とするデータ処理（例えば流体解析のシミュレーションなど）に本発明の装置を用いるといった応用が可能となる。

【0145】また本発明によれば、立体データメモリは、さらに、各立体要素に関する透明度情報を記憶可能であり、所望の組み合わせにて生成された立体の面素値を透明度情報に基づいて調整するように構成したので、透明、半透明の物体を表現することが可能となり、より多彩な表現を行うことができるようになる。

【0146】また本発明によれば、計算機から入力された多角形の代表データを基に、多角形内の各点に対応して、前記立体データメモリに書き込むデータ組を作成する多角形内部データ生成手段を備えたことにより、多角形の描画を高速化することが可能となる。従って装置全体の画像処理速度も高速化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施形態の画像処理装置の機能ブロック図である。

【図2】 図1の画像処理装置の表示記憶部のメモリ構成を示す図である。

【図3】 図1の画像処理装置によるデータ処理として、和演算を行う場合を示す説明図である。

【図4】 図1の画像処理装置によるデータ処理として、積演算を行う場合を示す説明図である。

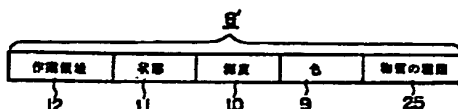
【図5】 図1の画像処理装置によるデータ処理として、差演算を行う場合を示す説明図である。

【図6】 図1の画像処理装置によるデータ処理内容として、記憶単位の記憶内容を示す説明図である。

【図7】 図1の画像処理装置が行う論理演算の規則を示した図である。

【図8】 図1の画像処理装置によるデータ処理内容として、記憶単位の記憶内容を示す説明図である。

【図18】



【図9】 図1の画像処理装置によるデータ処理として、同軸に位置する円柱の差演算を行う場合を示す説明図である。

【図10】 図9の差演算に対応するデータ処理内容として、記憶単位の記憶内容を示す説明図である。

【図11】 本発明の第2の実施形態の画像処理装置の表示記憶部のメモリ構成を示す図である。

【図12】 図11の画像処理装置によるデータ処理として、積演算を行う場合を示す説明図である。

【図13】 図11の画像処理装置によるデータ処理内容として、記憶単位の記憶内容を示す説明図である。

【図14】 本発明の第3の実施形態の画像処理装置によるデータ処理内容として、記憶単位の記憶内容を示す説明図である。

【図15】 本発明の第4の実施形態の画像処理装置によるデータ処理内容として、記憶単位の記憶内容を示す説明図である。

【図16】 本発明の第5の実施形態の画像処理装置により、介在面素を検出するためのデータ処理を示す説明図である。

【図17】 本発明の第5の実施形態の画像処理装置により着目面素が影になっていることを検出するためのデータ処理を示す説明図である。

【図18】 本発明の第6の実施形態の記憶要素のメモリ構成を示す図である。

【図19】 本発明の第7の実施形態の記憶要素のメモリ構成を示す図である。

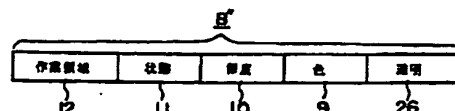
【図20】 本発明の第8の実施形態の画像処理装置の機能ブロック図である。

【図21】 図20の画像処理装置の画像データ生成部の構成を示すブロック図である。

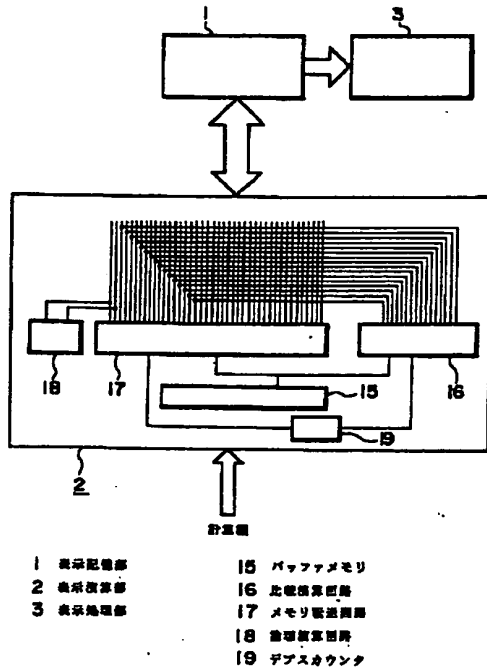
【符号の説明】

1, 1' 表示記憶部、2 表示演算部、3 表示処理部、5 フレームバッファ、6 デプスバッファ、7 記憶単位、8, 8', 8'' 記憶要素、9 色情報記憶部、10 深度記憶部、11 状態記憶部、12 作業領域、15 バッファメモリ、16 比較演算回路、17 メモリ転送回路、18 論理演算回路、19 デプスカウンタ、21 視点情報メモリ、22 オペランド視点メモリ、23 被オペランド視点メモリ、25 物質メモリ、26 透明度メモリ、28 画像データ生成部。

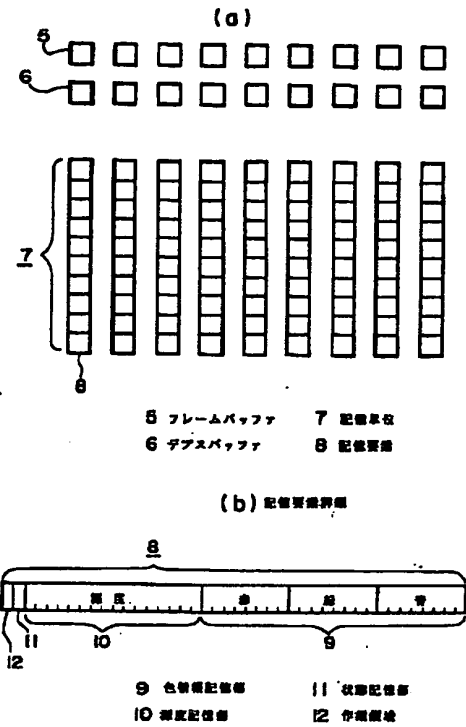
【図19】



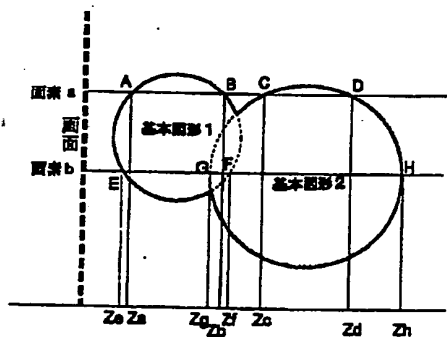
【図1】



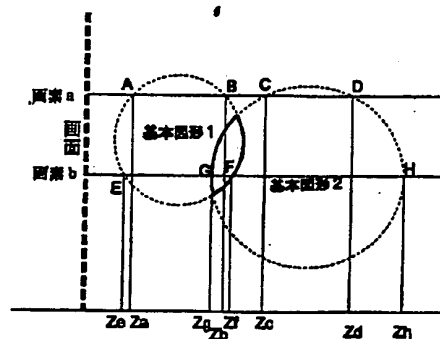
【図2】



【図3】



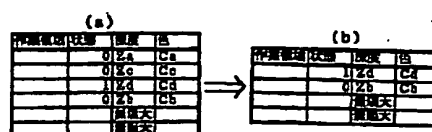
【図4】



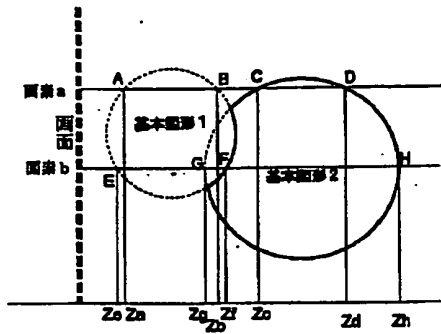
【図7】

和	1	0	1	1
1	1	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	0	0	0
1	1	1	1	1
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
1	1	0	0	0
0	0	1	1	1
0	0	0	0	0

【図15】



【図5】



【図6】

作図領域(伏線)	領域	色
0	1Zc	Cc
0	0Zd	Cd
0	領域大	
0	領域大	
0	領域大	

作図領域(伏線)	領域	色
0	1Za	Ca
0	0Zb	Cb
0	1Zc	Cc
0	0Zd	Cd
0	領域大	

作図領域(伏線)	領域	色
1	0Za	Ca
0	0Zb	Cb
0	1Zc	Cc
0	0Zd	Cd
0	領域大	

作図領域(伏線)	領域	色
0	0Za	Ca
0	0Zb	Cb
0	0Zc	Cc
0	0Zd	Cd
0	領域大	

作図領域(伏線)	領域	色
1	0Za	Ca
0	0Zb	Cb
0	1Zc	Cc
0	0Zd	Cd
0	領域大	

作図領域(伏線)	領域	色
0	0Za	Ca
0	0Zb	Cb
0	1Zc	Cc
0	0Zd	Cd
0	領域大	

【図8】

作図領域(伏線)	領域	色
0	1Zf	Cf
0	0Zg	Cg
0	領域大	
0	領域大	

作図領域(伏線)	領域	色
0	1Zf	Cf
0	1Zg	Cg
0	0Zh	Ch
0	領域大	

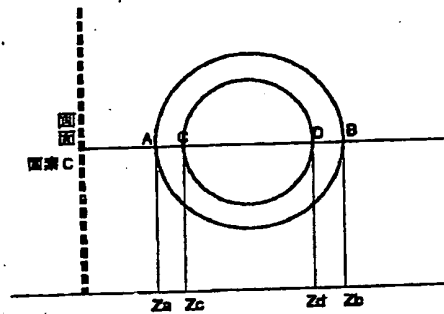
作図領域(伏線)	領域	色
1	0Zf	Cf
0	1Zg	Cg
0	0Zh	Ch
0	領域大	

作図領域(伏線)	領域	色
0	0Zf	Cf
0	1Zg	Cg
0	0Zh	Ch
0	領域大	

作図領域(伏線)	領域	色
1	0Zf	Cf
0	1Zg	Cg
0	0Zh	Ch
0	領域大	

作図領域(伏線)	領域	色
0	0Zf	Cf
0	0Zg	Cg
0	0Zh	Ch
0	領域大	

【図9】



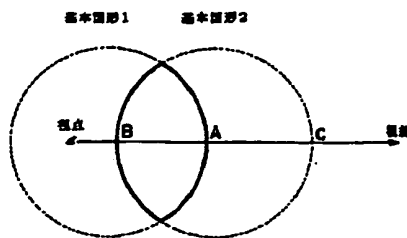
【図10】

作図領域(伏線)	領域	色
0	1Za	Ca
1	1Zb	Cb
0	0Zc	Cc
0	0Zd	Cd
0	領域大	

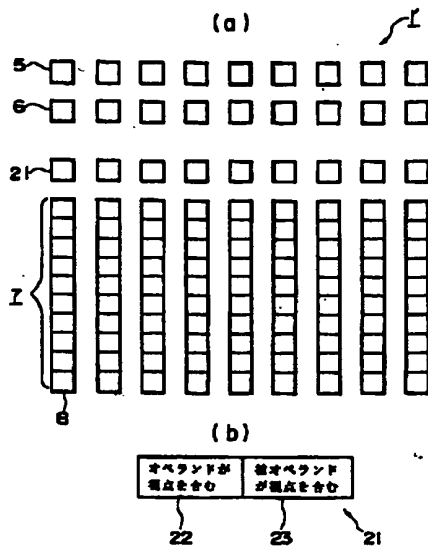
作図領域(伏線)	領域	色
0	1Za	Ca
0	1Zb	Cb
0	1Zc	Cc
0	0Zd	Cd
0	領域大	

作図領域(伏線)	領域	色
1	1Za	Ca
0	0Zc	Cc
0	1Zd	Cd
0	0Zb	Cb
0	領域大	

【図12】



【図11】



【図14】

(a)

作業領域	状態	深度	色
	1	Zc	Cc
	0	Ze	Ce
	1	Zf	Cf
	0	Zd	Cd
		無限大	
	1	Za	Ca
	0	Zb	Cb

(b)

作業領域	状態	深度	色
1		Zc	Cc
	1	Za	Ca
0		Ze	Ce
	0	Zb	Cb
1		Zf	Cf
0		Zd	Cd
		無限大	

(c)

作業領域	状態	深度	色
1	0	Zc	Cc
1	1	Za	Ca
0	1	Ze	Ce
0	0	Zb	Cb
1	0	Zf	Cf
0	0	Zd	Cd
		無限大	

【図13】

(a)

作業領域	状態	深度	色
0	0	Za	Ca
0		無限大	
0		無限大	
0		無限大	

(b)

作業領域	状態	深度	色
1	1	Zb	Cb
0	0	Za	Ca
1	0	Zc	Cc
		無限大	

(c)

作業領域	状態	深度	色
1	1	Zb	Cb
1	0	Za	Ca
0	0	Zc	Cc
		無限大	

(d)

作業領域	状態	深度	色
	1	Zb	Cb
	0	Za	Ca
	0	Zc	Cc
		無限大	

(e)

作業領域	状態	深度	色
0	1	Zb	Cb
0	0	Zc	Cc
0		無限大	
0		無限大	

(f)

作業領域	状態	深度	色
0	1	Zb	Cb
1	1	Za	Ca
0	0	Zc	Cc
		無限大	

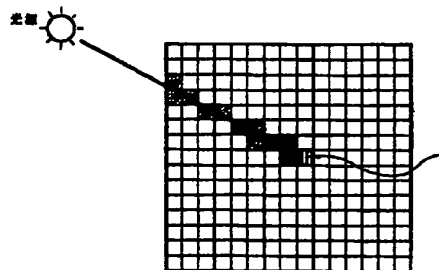
(g)

作業領域	状態	深度	色
1	1	Zb	Cb
0	1	Za	Ca
0	0	Zc	Cc
		無限大	

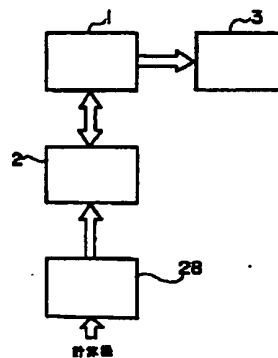
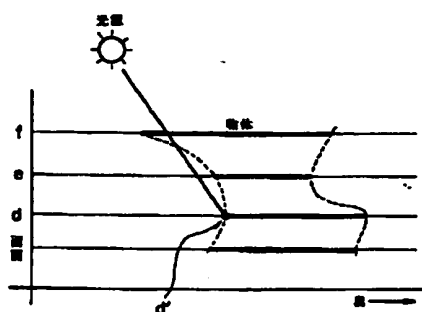
(h)

作業領域	状態	深度	色
	1	Zb	Cb
	0	Za	Ca
	0	Zc	Cc
		無限大	

【図16】



【圖 20】



【图 2 1】

